

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-016207

(43)Date of publication of application : 19.01.1996

(51)Int.Cl.

G05B 13/02
G06F 15/18

(21)Application number : 06-144449

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 27.06.1994

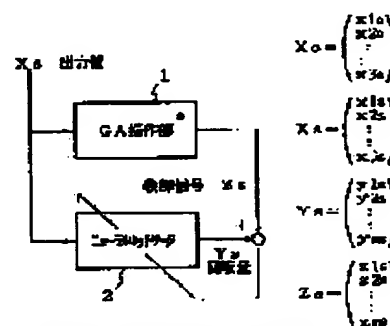
(72)Inventor : MIYAMOTO JUNICHI

(54) METHOD FOR ADJUSTING ELECTRONIC CIRCUIT PACKAGE AND AUTOMATIC ADJUSTING DEVICE

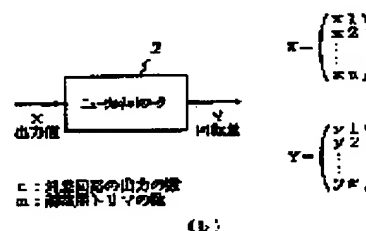
(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method capable of being applied to the adjustment of various electronic circuit packages, being used by everybody independently of skillness, shortening manhour and time and facilitating automation.

CONSTITUTION: A normal signal is supplied to an electronic circuit package to be adjusted, the output value X_s of (n) outputs at the time of fixing (m) adjusting trimmers on an initializing position (setting of a β sort) is applied to a GA operation part 1 for executing genetic algorithm and the rotational variable of each adjusting trimmer for adjusting the output of the package to a reference output value X_o is found out and used as a teacher signal Z_s to allow a neural network 2 to learn it. The learning operation is executed for the initializing position of the β sort. At the time of adjustment, the output value X of the package to be practically adjusted is inputted to the learned neural network 2 and the trimmer is rotated in accordance with the outputted rotational variable Y . If the output of the package is not adjusted to the reference output value X_o by one rotation adjustment, the output value after rotation is inputted and similar operation is repeated.



※ 1. X_s を教師信号 X_o にするための
調整用トリマの回転変数 Y_s を求める。
※ 2. Y_s から Z_s を変化させて学習を行う。



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.06.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 15.04.1997

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-16207

(43)公開日 平成8年(1996)1月19日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 5 B 13/02

G 0 6 F 15/18

識別記号

L 7531-3H

5 5 0 E 8837-5L

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平6-144449

(22)出願日

平成6年(1994)6月27日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 宮本 潤一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

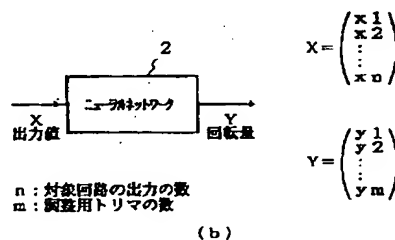
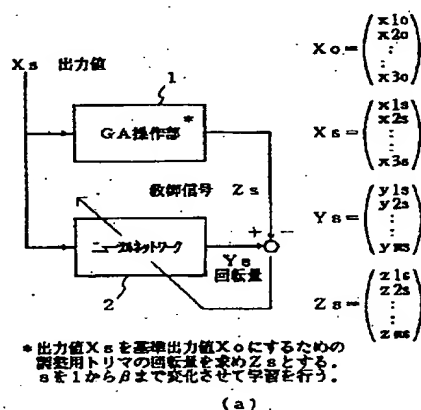
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 電子回路パッケージ調整方法および自動調整装置

(57)【要約】

【目的】 各種の電子回路パッケージの調整に適用でき、熟練度に依存せず誰にでも使用可能で、工数削減、時間短縮ができ自動化も容易な方法を提供する。

【構成】 調整対象の電子回路パッケージに規定信号を供給し、 m 個の調整用トリマを初期設定位置 (β 種設定) に固定したときの n 個の出力の出力値 X_s を、遺伝的アルゴリズムの手法を実行する GA 操作部 1 に与え、電子回路パッケージの出力を基準出力値 X_o に調整するための調整用トリマの回転量を求め、これを教師信号 Z_s としてニューラルネットワーク 2 に学習させる。この学習動作を β 種の初期設定位置に対して行う。調整時には、実際に調整対象となる電子回路パッケージの出力値 X を学習後のニューラルネットワーク 2 に入力し、出力される回転量 Y に従って調整用トリマの回転を行う。1 回の回転調整で基準出力値 X_o とならない場合は、回転後の出力値を入力して同様な操作を繰り返し行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 規定の入力信号を与えたときの出力値を基準出力値に対して所定の許容範囲内とするための電子回路パッケージの調整用トリマの回転量を、前記調整用トリマの複数の初期設定状態に対して遺伝的アルゴリズムの手法により求め、これらを教師信号として中間層を有する階層型のニューラルネットワークに学習させた後、調整しようとする個々の電子回路パッケージに前記規定の入力信号を与えたときの出力値に基づいて前記ニューラルネットワークから前記調整用トリマの回転量を求め、求められた回転量に従って前記調整用トリマを回転して出力値が前記基準出力値に対して所定の許容範囲内となるように調整することを特徴とする電子回路パッケージ調整方法。

【請求項2】 調整対象となる電子回路パッケージに規定の入力信号を与えて出力値を測定する測定部と、制御情報に従って前記電子回路パッケージの調整用トリマの回転を行う機構部と、中間層を有する階層型のニューラルネットワークを含み前記測定部から前記電子回路パッケージの出力値を入力して学習済みの前記ニューラルネットワークにより前記調整用トリマの回転量を求めて前記機構部に前記制御情報を出力する調整手段を有する制御部とを備えたことを特徴とする電子回路パッケージ自動調整装置。

【請求項3】 前記制御部が、前記調整用トリマの複数の初期設定状態に対して規定の入力信号を与えたときの出力値を基準出力値に対して所定の許容範囲内とするための電子回路パッケージの調整用トリマの回転量を遺伝的アルゴリズムの手法に基づいて求め、これらを教師信号として前記ニューラルネットワークの学習を行う学習手段を含むことを特徴とする請求項2記載の電子回路パッケージ自動調整装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、電子回路パッケージ調整方法および自動調整装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 可変抵抗や可変コンデンサなどの調整用トリマを有する電子回路パッケージの調整は、電子回路パッケージを製造する際などに、製品に望ましい出力特性を与えるための最終工程としてしばしば必要となる。従来、このような電子回路パッケージの調整は、図6に示すように、作業員10が、電子回路パッケージ6からの出力値を測定器11で観測しながら、ビット12を用いて調整用トリマ7を回転することにより行っている。

【0003】 一方、このような電子回路パッケージの調整作業を、作業員の技能に頼らずに自動化しようとする従来の技術としては、例えば、特開平2-92004号公報記載の電子回路の調整装置がある。この電気回路の調整装置は、規定の振幅の正弦波入力を与えたときの電

子回路の出力の交流成分と直流成分とから、ファジィ推論によって電子回路のゲイン及びオフセット調整用の二つの可変抵抗の調整量（トリマ回転量）を求め、モータ駆動の抵抗値調整器によりその分量だけ各可変抵抗の調整用トリマを回転させる動作を、各調整量が“0”に収束するまで繰り返し行うものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の作業員による電子回路パッケージの調整方法は、作業員が測定器で観測しながら調整用トリマを回転して調整を行うため、調整に要する時間は作業員の熟練の度合いに大きく依存する。特に、電子回路パッケージの規模が大きくなり調整用トリマの数が増えて相互の干渉が起こる場合には、調整時間が長くなり熟練度への依存の度合いが高まるばかりか、熟練の度合いが十分でない作業員には調整できない事態も発生するという問題点がある。

【0005】 一方、上述のファジィ推論を利用した調整装置は、作業員の熟練度には影響されないが、ファジィ推論によるため一般に何回かの繰り返し調整（調整用トリマの回転操作）が必要となり調整時間が長くなるほか、ファジィ推論を行うためのルールであるメンバーシップ関数をあらかじめ決定して置かなければならないという問題点がある。すなわち、調整対象である電子回路パッケージの構成および動作を十分熟知した技術者が、あらかじめメンバーシップ関数を設定しなければならない上に、調整用トリマの数が増えるに伴ってこのメンバーシップ関数の設定は煩雑で困難な作業となる欠点がある。

【0006】 本発明の目的は、近年注目されている学習機能を有するニューラルネットワークと、膨大な探索空間の効率的かつ実用的な探索手法である遺伝的アルゴリズムの手法とを用いることにより、上述の欠点が除去された汎用的に使用可能な電子回路パッケージ調整方法および自動調整装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 請求項1の電子回路パッケージ調整方法は、規定の入力信号を与えたときの出力値を基準出力値に対して所定の許容範囲内とするための電子回路パッケージの調整用トリマの回転量を、前記調整用トリマの複数の初期設定状態に対して遺伝的アルゴリズムの手法により求め、これらを教師信号として中間層を有する階層型のニューラルネットワークに学習させた後、調整しようとする個々の電子回路パッケージに前記規定の入力信号を与えたときの出力値に基づいて前記ニューラルネットワークから前記調整用トリマの回転量を求め、求められた回転量に従って前記調整用トリマを回転して出力値が前記基準出力値に対して所定の許容範囲内となるように調整することを特徴としている。

【0008】 請求項2の電子回路パッケージ自動調整装置は、調整対象となる電子回路パッケージに規定の入力

信号を与えて出力値を測定する測定部と、制御情報に従って前記電子回路パッケージの調整用トリマの回転を行う機構部と、中間層を有する階層型のニューラルネットワークを含み前記測定部から前記電子回路パッケージの出力値を入力して学習済みの前記ニューラルネットワークにより前記調整用トリマの回転量を求めて前記機構部に前記制御情報を出力する調整手段を有する制御部とを備えて構成されている。

【0009】請求項3の電子回路パッケージ自動調整装置は、請求項2の電子回路パッケージ自動調整装置において、前記制御部が、前記調整用トリマの複数の初期設定状態に対して規定の入力信号を与えたときの出力値を基準出力値に対して所定の許容範囲内とするための電子回路パッケージの調整用トリマの回転量を遺伝的アルゴリズムの手法に基づいて求め、これらを教師信号として前記ニューラルネットワークの学習を行う学習手段を含むことを特徴としている。

【0010】

【作用】ここで、本発明を構成する基本的な技術思想について説明する。前述したように、本発明の目的は、作業者の熟練度に依存することなく、しかも各種の電子回路パッケージに汎用的に適用できる調整方法および自動調整装置の提供であり、この目的を達成するために、学習機能を有するニューラルネットワークと遺伝的アルゴリズムの手法とを用いたことを特徴とするものである。更に詳しく説明すると、本発明の基本的な技術思想の内容は、図1(a)に示す遺伝的アルゴリズムの手法によるニューラルネットワークの学習と、図1(b)に示す学習済みのニューラルネットワークによる調整の実行との2段階に分けられる。

【0011】ニューラルネットワークは、人間の脳神経細胞構造をモデルに形成された情報処理システムであり、可変重み付け機能を有するリンクによって相互に接続された多数の非線形処理ユニットから成る大規模な並列ネットワークである。入力パターンが供給される処理ユニットから成る入力層と、出力パターンを発生する処理ユニットから成る出力層との間に、中間層を構成する隠れユニットを有する階層型ネットワークでは、既知の入出力関係を教師信号として学習させることにより、リンクの可変重み付けが修正されてネットワークの内部状態が変化し、学習した以外の類似の入力パターンに対しても適切な出力パターンを出力することができるようになる学習機能を持つことが知られている。

【0012】本発明が対象とする電子回路パッケージは、一般的に k 個の入力と n 個の出力と m 個の調整用トリマ(k, n, m はいずれも正の整数)とを備えた電子回路であり、 k 個の入力に規定の入力信号を与えた状態で、 n 個の出力値がそれぞれの基準出力値に対して所定の許容範囲内となるように、 m 個の調整用トリマを用いて調整できるように設計されているものとする。前述し

た特開平2-92004号公報記載のファジィ推論による電子回路のゲイン及びオフセット調整の例は、対象となる電子回路が、 $k=1, m=n=2$ の場合に該当する。

【0013】学習時には、調整対象の回路と同等な1個又は少数の電子回路パッケージを使用する。電子回路パッケージの k 個の入力にそれぞれ規定の入力信号を供給し、 m 個の調整用トリマを複数設定した初期状態(調整用トリマの初期位置の組み合わせ)の一つに固定し、そのときの n 個の出力の出力値 X_s を、図1(a)に示すように、遺伝的アルゴリズムの手法を実行するGA操作部1とニューラルネットワーク2とに入力する。まず、GA操作部1により、電子回路パッケージの出力値 X_s を基準出力値 X_o に調整するために必要な m 個の調整用トリマの回転量を求め、これを教師信号 Z_s としてニューラルネットワーク2に学習させる。この学習動作は、ニューラルネットワーク2から出力される回転量 Y_s と教師信号 Z_s との誤差を入力層側に送り返すバックプロパゲーションにより、ニューラルネットワーク2の内部で実行される。ここで、出力値 X_s 、基準出力値 X_o 、回転量 Y_s 及び教師信号 Z_s は、図1(a)に示すように、それぞれ n 個および m 個の要素から成る1列のマトリクスであり、ニューラルネットワーク2の入出力の関係を $Y_s = F(X_s)$ で表すと、 F は $m \times n$ 次の複雑な関数となる。

【0014】以上の操作を電子回路パッケージの初期状態を変えて β 回繰り返すことにより、ニューラルネットワーク2は内部状態を変化させて学習を完了し、学習した以外の類似の入力パターンに対しても適切な出力パターンが得られるようになる。この学習は、特定の1個の電子回路パッケージのみで行ってもよいが、何個かの電子回路パッケージを取り替えて行ってもよい。

【0015】遺伝的アルゴリズムの手法は、膨大な領域の探索問題を効率的に解決する方法として生物の進化の過程にヒントを得て開発されたものであり、多ビットの情報を表す遺伝子の集団を想定し、この集団に対して淘汰、増殖、遺伝子型の交差、突然変異などの一連の操作を加えて世代交代シミュレーションを繰り返すことにより、条件に一致した最適解を求めるものである。具体的には電子回路パッケージの m 個の調整用トリマの回転量を一つの遺伝子にコーディングし、適応度として遺伝子情報に基づき調整用トリマの回転を行った場合の出力値と調整目標である基準出力値との誤差を用いて最適解(教師信号)を求める。ランダムに選択した遺伝子情報を持つ遺伝子の集団から出発し、単純な基本操作を繰り返して実行することにより目的とする進化した遺伝子を得ることができるため、対象とする電子回路パッケージの構成や特性などの技術的内容を知らなくても、誰にでも容易に教師信号を作成することができる。

【0016】次に、調整時においては、図1(b)に示

すように、学習後のニューラルネットワーク 2 を用い、実際に調整対象となる電子回路パッケージの出力値 X を入力し、その入力に対応する調整用トリマの回転量 Y を算出し、算出された回転量 Y に従って調整用トリマの回転を行い調整を実行する。1 回の調整で目的とする基準出力値とならない場合は、同様な操作を繰り返し行う。

【0017】なお、ニューラルネットワーク、特に階層型ネットワークとバックプロパゲーションについては、例えば、「PDP モデル—認知科学とニューロン回路網の探索—(初版)」(D. E. ラメルハートら PDP リサーチグループ著、甘利俊一監訳、産業図書、1989 年 2 月 27 日発行)の第 8 章(P322~P333)に詳細な記述がある。更に、遺伝的アルゴリズムについては、例えば、「ジェネティックアルゴリズム(初版)」(安居院猛、長尾智晴共著、照光堂、1993 年 9 月 2 日発行)の第 1 章(P1~P15)に概括的に説明されている。

【0018】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0019】図 2 は本発明による電子回路パッケージ自動調整装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【0020】本実施例の電子回路パッケージ自動調整装置は、図 2 に示すように、調整対象となる電子回路パッケージ 6 に測定器から規定の入力信号を与えて出力値を測定しデジタル情報として出力する測定部 3 と、調整用ヘッド 9 を備えたロボット機構 8 により制御情報に従って電子回路パッケージ 6 の調整用トリマ 7 の回転を行う機構部 4 と、測定部 3 及び機構部 4 を制御し電子回路パッケージ 6 の調整を行う制御部 5 とで構成されている。制御部 5 は、例えばワークステーションやパソコンなどの情報処理装置で構成され、ソフトウェアシミュレーションにより学習能力を有するニューラルネットワークを実現する機能と、遺伝的アルゴリズムの手法に基づいて情報の更新を行う機能と、測定部 3 及び機構部 4 を制御し電子回路パッケージ 6 を用いて遺伝的アルゴリズムの手法で教師信号を作成しニューラルネットワークに学習させる機能と、学習済みのニューラルネットワークを用いて調整対象の電子回路パッケージ 6 の調整を実行する機能とを備えている。

【0021】学習の場合、制御部 5 は、測定部 3 を制御して電子回路パッケージ 6 からの出力値をデジタル情報として受け取り、機構部 4 を制御しながら遺伝的アルゴリズムの手法で教師信号を作成し、ニューラルネットワークに学習させる動作を規定の手順に従って繰り返す。調整を実施する場合には、測定部 3 から受けた電子回路パッケージ出力値のデジタル情報をニューラルネットワークに入力し、得られた結果で機構部 4 を制御し、電子回路パッケージ 6 の調整用トリマ 7 を回転する。その結果、測定部 3 からのデジタル情報が基準出

力値と一致すれば調整は終了する。一致しない場合には、同様にして再調整を行う。

【0022】図 3 は、学習時の詳細な動作を示すフローチャートである。以下、図 2 及び図 1 (a) を参照しながら学習時の動作について説明する。まず、学習に使用する教師信号の数 (β 個とする) を決定し、その数だけの異なる初期設定条件 (m 個の調整用トリマ 7 の初期位置の組み合わせ) を設定する(ステップ S1)。続いて、 m 個の調整用トリマ 7 の回転量情報を格納する複数 (α 個とする) の遺伝子を設定し、すべての遺伝子をランダムに初期化する(ステップ S2)。調整用トリマ 7 の回転量を 8 ビットのデジタル情報で表すと、一つの遺伝子は 8 m ビットの情報量を持つことになる。次に、ステップ S1 で先に設定した初期設定条件のどれを使用するかを決定する(ステップ S3)。

【0023】制御部 5 は、機構部 4 を制御して電子回路パッケージ 6 の調整用トリマ 7 の位置を指定した初期設定条件の状態に調整した後(ステップ S4)、測定部 3 から電子回路パッケージ 6 に規定の入力信号を供給し(ステップ S5)、出力値を測定しその初期設定条件に対する出力値 X_s として記憶する(ステップ S6)。そして、ステップ S2 で設定した α 個の遺伝子の 1 個を選択し(ステップ S7)、その遺伝子にコーディングされた回転量情報に基づいて各調整用トリマ 7 の回転を行った後(ステップ S8)、電子回路パッケージ 6 からの出力値を再び測定し記憶する(ステップ S9)。以上のステップ S4 からステップ S9 までの処理を設定した α 個のすべての遺伝子に対して実行した後(ステップ S10)、ステップ S9 で記憶した出力値を調整目標の基準出力値 X_o と比較して適応度を算出する(ステップ S11)。適応度は n 個の出力ごとに対応する基準値との誤差を評価すると共に、それらを基に総合的な適応度の数量評価も行う。この評価結果に基づいて、すべての出力に対する適応度が所定の条件を満足する遺伝子があるかの判定を行う(ステップ S12)。条件を満足する遺伝子がなければ、遺伝的アルゴリズムの手法による遺伝子操作を行い(ステップ S13)、ステップ S4 に戻り上述の処理を継続する。一方、条件を満足する遺伝子があれば、総合評価の最もよい遺伝子を選択し、先にステップ S6 で記憶した出力値 X_s と対応させて教師信号 Z_s として登録する(ステップ S14)。次に、登録された教師信号の数を判定し(ステップ S15)、ステップ S1 で設定した β 個に達していない場合は、ステップ S2 に戻り、未処理の初期設定条件を選択して同様な処理を繰り返す。すべての初期設定条件に対する処理が終了し、 β 個の教師信号が登録されると、ニューラルネットワーク 2 の学習に移る。

【0024】ニューラルネットワーク 2 は、電子回路パッケージ 6 の n 個の出力の出力値を入力して、 m 個の調整用トリマ 7 の回転量を出力するための階層型ネットワ

ークであり、出力値および回転量をそれぞれ8ビットのデジタル情報で表す場合には、少なくとも入力層には8n個の2値入力端子を、出力層には8m個の2値出力端子を備えている。ニューラルネットワーク2の入力端子に出力値 X_s を、出力端子に教師信号 Z_s を与えて順次学習動作を行わせ（ステップS16）、登録されたすべての教師信号に対する学習が終われば（ステップS17）、学習過程のすべての動作が終了する。

【0025】図4は、学習時における他の動作例を示すフローチャートである。図4において、ステップS21からステップS33までの各ステップの動作は、図3に示したステップS1からステップS13までの各ステップの動作と同じである。図4の場合は、ステップS33における遺伝子操作を繰り返し、ステップS32の適応度判定の結果、条件を満足する遺伝子があれば総合評価の最もよい遺伝子を選択し、それを教師信号 Z_s としてステップS34において直ちにニューラルネットワーク2の学習を実行する。学習後、ステップS21で設定した学習条件（教師信号の数および初期設定条件）のすべての学習が終了したかを判定し（ステップS35）、終了していなければステップS22に戻り同様な処理を繰り返し、設定した個数の学習をすべて実行すると学習過程が終了する。

【0026】図5は、図2の実施例の調整時の動作を示すフローチャートである。まず、調整対象となる電子回路パッケージ6に測定部3から入力信号を供給し（ステップS41）、n個の出力の出力値 X を測定する（ステップS42）。制御部5はこれをデジタル情報として受け取り、学習済みのニューラルネットワーク2に入力して対応する回転量 Y を決定する（ステップS43）。そして、決定した回転量 Y に基づいて機構部4を制御し、電子回路パッケージ6のm個の調整用トリマ7の回転を行う（ステップS44）。回転後、再び電子回路パッケージ6の出力値を測定し（ステップS45）、この回転後の出力値（ X_a とする）を目標とする基準出力値 X_o と比較し、n個の出力の差がすべて調整の目標条件を満足しているか否かの判定を行い（ステップS46）、条件を満足していなければステップS43に戻り、回転後の出力値 X_a をニューラルネットワーク2に入力して同様な処理を継続し、条件を満足すれば調整を終了する。

【0027】上述の実施例では、制御部には遺伝的アルゴリズムの手法で教師信号を作成しニューラルネットワークの学習を行う学習機能と、学習済みのニューラルネットワークで実際の調整を行う調整機能の双方を備えるものとした。しかしながら、これまでの説明で明らかのように、ニューラルネットワークの学習と調整の実行とは独立に実行され得るものであるから、自動調整装置としては遺伝的アルゴリズムによる教師信号の作成機能を含まなくてもよい。又、ニューラルネットワークは、コ

ンピュータによるソフトウェアシミュレーションで実現されるものとしたが、ハードウェアとの併用またはハードウェアのみにより実現することもできる。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電子回路パッケージ調整方法および自動調整装置は、あらかじめ調整対象となる電子回路パッケージからの出力値に対応する調整用トリマの回転量を遺伝的アルゴリズムの手法により求めてニューラルネットワークに学習させ、調整実行時には学習済みのニューラルネットワークを用いて必要な調整用トリマの回転量を決定し調整を行うため、熟練した作業家でなくても容易に調整でき、調整工数の削減および時間短縮ができる効果がある。

【0029】又、ニューラルネットワークの学習に必要な教師信号を遺伝的アルゴリズムの手法により求めるため、機械的な操作手順のみを知っていれば対象となる電子回路パッケージの構成や特性を知らなくてもニューラルネットワークの学習が可能であり、特に利用者を限定することなく広く一般的な電子回路パッケージの調整に適用できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本的な技術思想を説明するためのブロック図である。

【図2】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図3】図2の実施例における学習時の動作の一例を示すフローチャートである。

【図4】図2の実施例における学習時の動作の他の例を示すフローチャートである。

【図5】図2の実施例における調整時の動作の一例を示すフローチャートである。

【図6】従来の一般的な電子回路パッケージの調整方法の説明図である。

【符号の説明】

- 1 GA操作部
- 2 ニューラルネットワーク
- 3 測定部
- 4 機構部
- 5 制御部
- 6 電子回路パッケージ
- 7 調整用トリマ
- 8 ロボット
- 9 調整用ヘッド
- 10 作業者
- 11 測定器
- 12 ビット

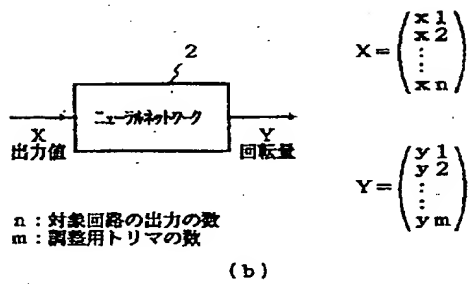
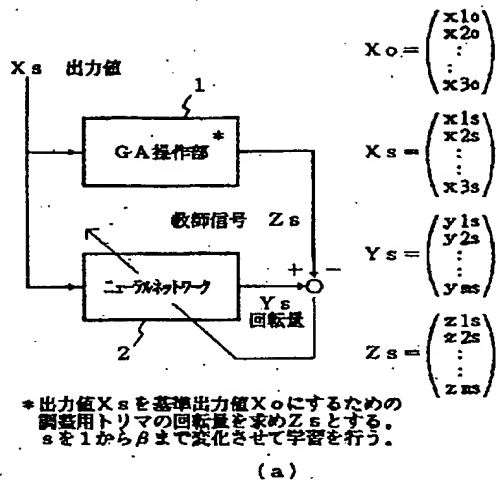
X, X_s 出力値

X_o 基準出力値

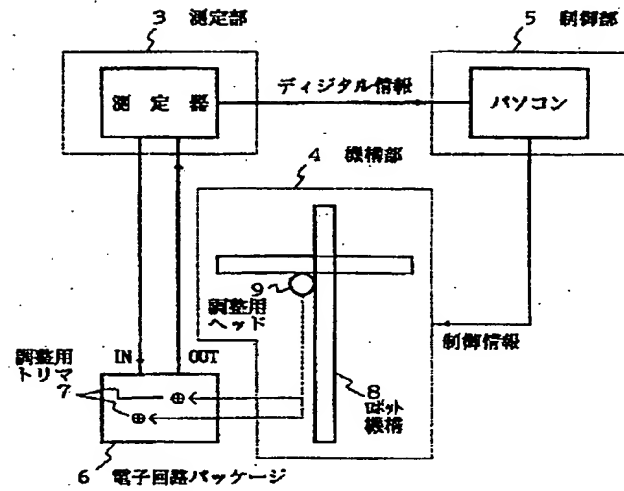
Y, Y_s 回転量

Z_s 教師信号

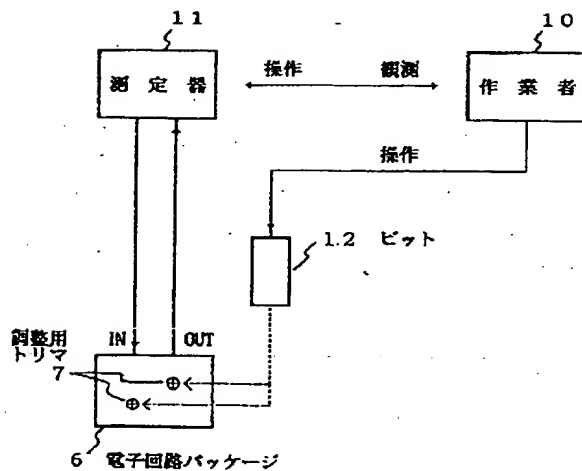
【図1】



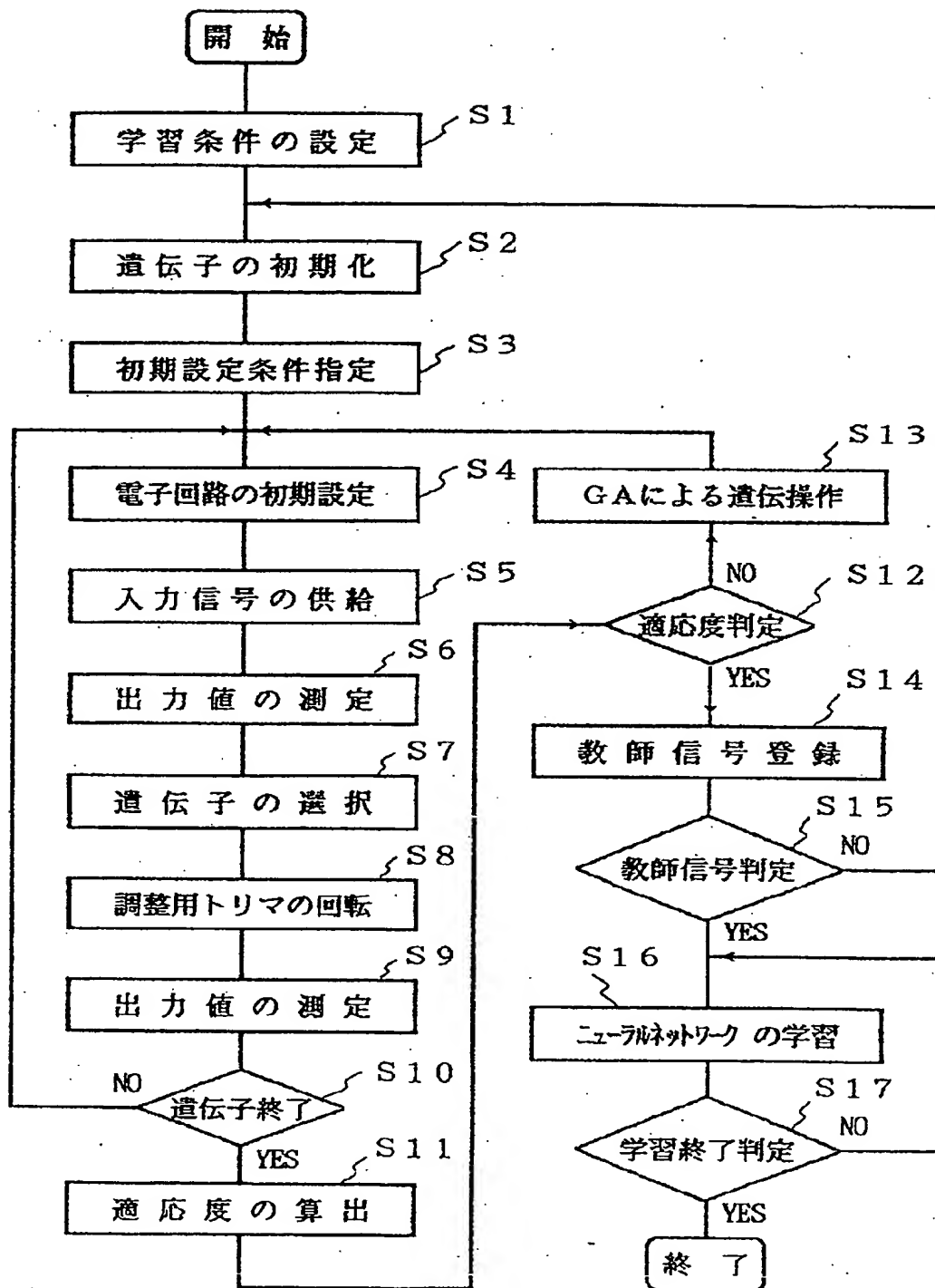
【図2】



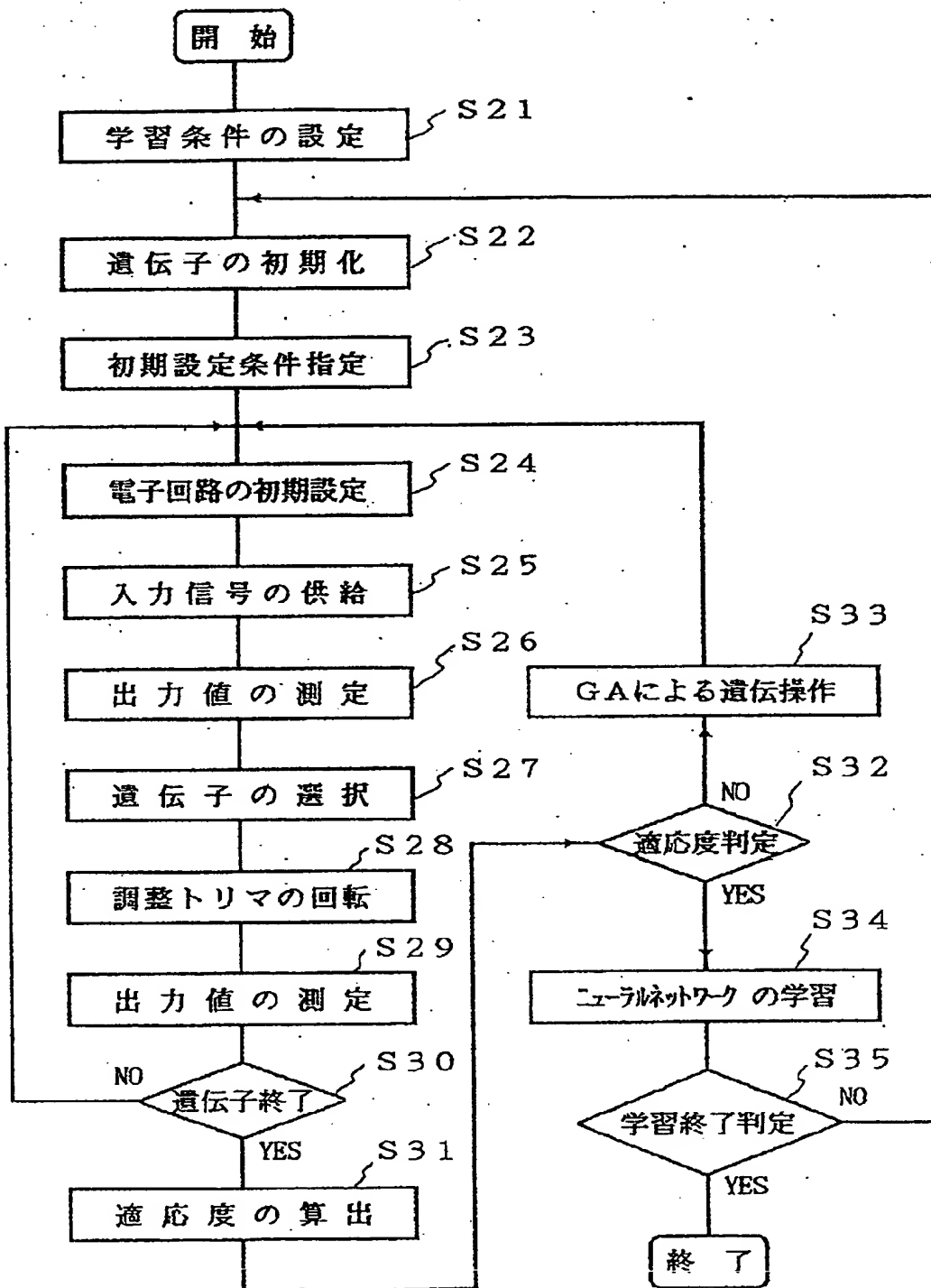
【図6】



【図3】



【図4】



【図5】

